

Hasselbach, Julia von

Massebalancierende Oszillationen in der Bogenführung von professionellen Violinist*innen. Ein biochemisches Merkmal mit hohem Potential zur Reduktion des Risikos spielbedingter Erkrankungen

Weidner, Verena [Hrsg.]; Rolle, Christian [Hrsg.]: *Praxen und Diskurse aus Sicht musikpädagogischer Forschung*. Münster ; New York : Waxmann 2019, S. 155-170. - (Musikpädagogische Forschung; 40)



Quellenangabe/ Reference:

Hasselbach, Julia von: Massebalancierende Oszillationen in der Bogenführung von professionellen Violinist*innen. Ein biochemisches Merkmal mit hohem Potential zur Reduktion des Risikos spielbedingter Erkrankungen - In: Weidner, Verena [Hrsg.]; Rolle, Christian [Hrsg.]: *Praxen und Diskurse aus Sicht musikpädagogischer Forschung*. Münster ; New York : Waxmann 2019, S. 155-170 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-207108 - DOI: 10.25656/01:20710

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-207108>

<https://doi.org/10.25656/01:20710>

in Kooperation mit / in cooperation with:



WAXMANN
www.waxmann.com

<http://www.waxmann.com>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Verena Weidner, Christian Rolle (Hrsg.)

PRAXEN UND DISKURSE AUS SICHT MUSIKPÄDAGOGISCHER FORSCHUNG

PRACTICES AND DISCOURSES
FROM THE PERSPECTIVE
OF MUSIC EDUCATIONAL
RESEARCH

Musikpädagogische Forschung

Research in Music Education

Herausgegeben vom Arbeitskreis
Musikpädagogische Forschung e. V. (AMPF)

Band 40

Proceedings of the 40th Annual Conference of the
German Association for Research in Music Education

Verena Weidner, Christian Rolle (Hrsg.)

Praxen und Diskurse aus Sicht
musikpädagogischer Forschung

Practices and Discourses from the
Perspective of Music Educational
Research



Waxmann 2019
Münster • New York

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

**Musikpädagogische Forschung, Band 40
Research in Music Education, vol. 40**

Print-ISBN 978-3-8309-4048-7

E-Book-ISBN 978-3-8309-9048-2

© Waxmann Verlag GmbH, Münster 2019

Steinfurter Straße 555, 48159 Münster

www.waxmann.com

info@waxmann.com

Umschlaggestaltung: Anne Breitenbach, Münster

Satz: Stoddart Satz- und Layoutservice, Münster

Druck: mediaprint solutions GmbH, Paderborn

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier,
säurefrei gemäß ISO 9706

Printed in Germany

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.

Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des

Verlages in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung

elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Inhalt

Verena Weidner & Christian Rolle

Einleitung..... 9

Introduction

Peter Klose

DOINGS AND PLAYINGS?

Eine praxeologische Sicht auf Musik und musikbezogenes
Handeln in musikpädagogischer Perspektivierung 19

DOINGS AND PLAYINGS?

A Praxeological View on Music and Music-Related Action

From the Perspective of Music Education

Ulrike Kranefeld, Anna-Lisa Mause & Jan Duve

Zur Materialität von Prozessen des Musik-Erfindens:

Interaktionsanalytische Zugänge zur Wandelbarkeit der Dinge 35

The Materiality of Composition Processes. Interaction-Analytical Approaches

Towards the Changeability of Things

Marc Godau & Matthias Haenisch

How Popular Musicians Learn in the Postdigital Age

Ergebnisse einer Studie zur Soziomaterialität des Songwritings

von Bands in informellen Kontexten 51

How Popular Musicians Learn in the Postdigital Age. Results of a Study

on the Sociomateriality of Bands' Songwriting in Informal Contexts

Thade Buchborn, Elisabeth Theisohn & Johannes Treß

Kreative musikalische Handlungsprozesse erforschen

Einblicke in ein Verfahren der videobasierten Rekonstruktion von

Gruppenimprovisations- und -kompositionsprozessen von Schülerinnen

und Schülern..... 69

Exploring Processes of Creative Musical Actions. A Qualitative Video

Research Approach to Collaborative Improvisation and Composition

Processes at School

Andreas Bernhofer

Konzert-Community als Community of Practice

Jugendliche als Outsider, Newcomer und Experten in klassischen Konzerten ... 87

*The Concert-Community as a Community of Practice. Young People
as Outsiders, Newcomers, and Experts in Classical Concerts*

Jan Jachmann

Was macht einen Walzer zum Walzer?

Wissen über musikpraktische Konventionen als

Grundlage instrumentalpädagogischer Interaktion..... 103

*Playing a Waltz like a Waltz. Knowledge of Conventional Music
Practice as the Basis for Interaction in Instrumental Music Lessons*

Bianca Hellberg

Interpersonale Koordination

Perspektiven auf mikroprozessuales Handeln beim

gemeinsamen Musizieren im Unterricht119

*Interpersonal Coordination. Micro-Procedural Action During
Joint Music Making in the Classroom*

Mareike Haas, Sonja Nonte, Maria Krieg & Tobias C. Stubbe

Unterrichtsqualität in Musikklassen

Befunde aus der quasi-experimentellen Studie ProBiNi 137

*Instructional Quality in Music Classes – Findings From the
Quasi-Experimental Study ProBiNi*

Julia von Hasselbach

Massebalancierende Oszillationen in der Bogenführung

von professionellen Violinist*innen

Ein biomechanisches Merkmal mit hohem Potential zur Reduktion

des Risikos spielbedingter Erkrankungen..... 155

*Mass Balancing Oscillations in the Bowing of Professional Violinists.
A Biomechanical Feature with High Potential for Reducing the Risk
of Playing-Related Musculoskeletal Disorders*

Florian Lill, Johannes Hasselhorn & Andreas C. Lehmann

Der Zusammenhang von musikalischem Fähigkeitsselbstkonzept

und musikpraktischen Kompetenzen in der Sekundarstufe I.....171

*The Relationship Between Musical Self-Concept and Practical
Music Competencies in Secondary Schools*

*Christian Harnischmacher, Viola Cäcilia Hofbauer &
Karin Schulz-Heidorf*

Warum Musik wählen?

Eine mehrbenenanalytische Studie zur Vorhersage der Wahlbereitschaft
zum Fach Musik durch die Motivation der Schüler*innen und die
individuelle Förderung von Musiklehrkräften im Musikunterricht 189

Why Choose Music?

*A Multilevel Path Analysis Predicting Students' Choice of Music Electives
Due to their Motivation and Music Teachers' Individualized Instruction*

Katharina Höller

Alternativen konstruieren und erproben

Überarbeitungsmuster und Problemstellen des differenzierenden
Hörens bei der Umsetzung in eine grafische Notation 205

*Constructing and Testing Alternative Solutions. Characteristic Patterns
and Challenges in Listening and Visualizing*

Stefanie Rogg

Zu didaktischen Funktionen musikpädagogischer Aufgabenstellungen 219

Didactic Functions of Music-Pedagogical Tasks

Benjamin Eibach

Begriffsforschung in der Musikpädagogik:

Relevanz, Methodologie und Ertrag dargestellt anhand einer
Untersuchung des Begriffes Musik-Lernen 231

*Studies on Terminology in Music Education: Their Relevance, Methodology
and Benefit Exemplified by the Term Musik-Lernen (Music Learning)*

Simon Stich & Christian Rolle

Befremdung des Vertrauten

Eine vergleichende durch Videos stimulierte Interviewstudie
über Musikunterricht in Schweden und in Deutschland 245

*Making the Familiar Strange. A Comparative Video-Cued Interview
Study of Teaching Music in Sweden and Germany*

Verena Weidner, Maurice Stenzel, Matthias Haenisch & Marc Godau „... like being in a band baby!!!“ Postdigitale Semantiken und diskursive Strategien in der Onlinekommunikation um Ableton Link	263
<i>“... like being in a band baby!!!” Postdigital Semantics and Discursive Strategies in the Online-Communication About Ableton Link</i>	
Andreas Lehmann-Wermser „Weiße“ Musikpraxen zeigen Rassistische Strukturen als relevante Kategorie musikpädagogischer Forschung?	279
<i>Showing “White” Music Practices. Racist Structures as Relevant Categories of Music Educational Research</i>	
Nicola Bunte & Andrea Welte Bericht zum Symposium „Gute künstlerische Ausbildung?“ – Hürden, Instrumente und Evaluationsergebnisse in der Diskussion zwischen Musikhochschule und Universität.....	297
<i>Report on the Symposium “Good Professional Education in Music?” – Hurdles, Instruments, and Evaluation Results in the Discussion Between the Academy of Music and the University</i>	
Adrian Niegot, Stefan Orgass, Constanze Rora; Diskutant: Michael Ahlers Symposion „Prozesse der Modellbildung in musikpädagogischen (Forschungs-)Kontexten“	301
<i>Symposion “Processes of Modelling in Music Education (Research) Contexts”</i>	
Daniel Mark Eberhard, Juliane Gerland, Melanie Herzog, Heinrich Klingmann, Daniela Laufer & Annette Ziegenmeyer Bericht zum Symposium: „Darf man eigentlich noch Inklusion sagen ...?“ Musikpädagogische Positionen zwischen Prä- und Post-Inklusion	303
<i>Report on the Symposium: “Is it Still Allowed to Say Inclusion ...?” Positions on Pre- and Post-Inclusion in Music Education</i>	

Julia von Hasselbach

Massebalancierende Oszillationen in der Bogenführung von professionellen Violinist*innen

Ein biomechanisches Merkmal mit hohem Potential zur Reduktion des Risikos spielbedingter Erkrankungen

Mass Balancing Oscillations in the Bowing of Professional Violinists. A Biomechanical Feature with High Potential for Reducing the Risk of Playing-Related Musculoskeletal Disorders

Mass balancing oscillations (MBOs) can be considered the main feature in a specific biomechanical model for string instrument bowing. In this study, the prevalence of MBOs in a sample of adult professional orchestra violinists was recorded. Additionally, the potential of MBOs for reducing the risk of PRMDs was investigated. In the sample, 19 violinists showed a mean of 61.3% MBOs in repetitive movements at high tempi (MBOs/HT). A significant negative correlation between MBOs/HT and the occurrence of PRMDs was found ($r_{pb} = -.542$, $p = .016$). Moreover, violinists with lower percentages of MBOs/HT suffered more intensely from PRMDs than did violinists with higher percentages of MBOs/HT (Kendall-Tau-b = $-.499$, $p = .018$). This dose-response relationship supports the presumption of a causal relationship.

1. Hintergrund und Ziele

Die Bogenführung des Violinspiels im Rahmen künstlerischer Höchstleistung ist eine komplexe Aufgabe der menschlichen Bewegungssteuerung (vgl. Shan, Visentin, Nusseck & Spahn, 2018), in deren Erforschung bewegungswissenschaftliche wie instrumentalpädagogische Ansätze ineinandergreifen. Darüber hinaus ist der Aspekt der Musikergesundheit von Bedeutung, da professionelle Violinist*innen auch dreißig Jahre nach Gründung der *Performing Arts Medicine Association* im Jahr 1989 und trotz der auch in Deutschland inzwischen etablierten Musikermmedizin noch zu 50–70% an spielbedingten Erkrankungen im Rahmen beruflicher Belastung leiden (vgl. Gasenzer, Klumpp, Lux & Neugebauer, 2017). Bei Befragungen nach Lifetime Prävalenzen unter Berufsmusiker*innen werden sogar 62% bis 93% Betroffene erfasst, wobei im Bereich der hohen Streicher

meist die Spitzenwerte zu finden sind (vgl. Möller, Ballenberger, Ackermann & Zalpour, 2018). Der Begriff „playing-related“ oder „performance-related musculoskeletal disorders“ (PRMDs)¹ umfasst eine Vielzahl an muskuloskelettalen Beschwerden. Dies können insbesondere Überbeanspruchungsbeschwerden sein, die bereits im Rahmen der Haltung des Instruments aufgrund dauerhafter statischer Belastung von Muskulatur angelegt sind, oder Belastungen, die erst im Rahmen zeitlich ausgedehnt ausgeübter schneller repetitiver Bewegungen im Instrumentalspiel zum Tragen kommen, also bei mehrstündigem Üben oder beruflichem Spielen im Orchester unter hohen virtuellen Anforderungen.

Der Fokus der hier vorzustellenden Studie lag auf der Untersuchung repetitiver Bewegungen, die in unterschiedlicher Qualität ausgeführt werden können. Das Unterscheidungskriterium war der Grad an dynamischem Wechsel in der Beanspruchung antagonistischer Muskulatur. Dies wurde jedoch nicht kinetisch über die Messung von Muskelaktivität, sondern kinematisch anhand der ausgelösten Bewegungen im Raum erfasst. Entscheidend war dabei nicht die „metrische Quantität“ der Bewegung, sondern die „topologische Quantität“ (vgl. Bongaardt, 2001, S. 76) einer schwingend erfolgenden Massebalance um einen Drehpunkt. Der entwickelte Algorithmus operationalisierte also die Ausprägung des Vorhandenseins eines Bewegungsmusters, nicht das Ausmaß der Bewegung selbst. Deshalb lassen sich die Ergebnisse von Kindern, Jugendlichen, Studierenden und Erwachsenen trotz unterschiedlicher metrischer Bedingungen in den Gliedmaßen prinzipiell vergleichen.

Diese Studie sowie zwei empirische Vorstudien und zwei flankierende theoretische Paper sind Teile einer kumulativen Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, betreut von Prof. em. Dr. Wilfried Gruhn für den musikpädagogischen Teil und Prof. Dr. Albert Gollhofer für den biomechanischen sportwissenschaftlichen Teil. Eine Pilotstudie zur Erprobung des entwickelten Mess- und Auswertungsverfahrens wurde bereits im AMPF-Band 30 (vgl. Hasselbach, 2009) vorgestellt und vollständig in den Proceedings der ICMPC 11 veröffentlicht (vgl. Hasselbach, Gruhn & Gollhofer, 2010). Eine Trainingsstudie über 15 Wochen belegte die Prävalenz und Trainierbarkeit von MBOs im Kindes- und Jugendalter (vgl. Hasselbach, Gruhn & Gollhofer, 2011). Die Schwerpunkte der theoretischen Betrachtungen lagen auf Interdependenzen der biomechanischen Modellvorstellung Masse balancierender Oszillationen mit klangphysikalischen Grundlagen des Violinspiels (vgl. Hasselbach, 2012) und auf Möglichkeiten der Ableitung instrumentalpädagogischen Handelns zum Zwecke der Vermittlung eines körperlich erlebten und vertieften Verständnisses von Metrum (vgl. Hasselbach, 2019).

Über zusammenfassend ausgewählte Inhalte des in englischer Sprache veröffentlichten originalen Papers hinaus (zu detaillierten Angaben s. Hasselbach,

1 Zur Definition von PRMDs s. beispielsweise Zaza, Charles & Muszynski (1998); zur aktuellen Erfassungsmöglichkeit s. Möller, Ballenberger & Zalpour (2018).

Gruhn & Gollhofer, 2019) finden sich im vorliegenden Beitrag inferenzstatistische Ergänzungen, ein neuer Ausblick und Anmerkungen zu stützenden Ergebnissen aus wichtigen aktuellen Studien von Bangert, Junk, Benckert und Jabusch (2017) sowie Möller, Ballenberger, Ackermann und Zalpour (2018).²

Kinematische und kinetische Daten bei der Bogenführung im Violinspiel wurden in der computergestützten dreidimensionalen Bewegungsanalyse seit 1999 explorativ erfasst (vgl. u.a. Turner-Stokes & Reid, 1999; Shan & Visentin, 2003; Visentin & Shan, 2003; Shan, Visentin & Schultz, 2004) und schließlich beispielsweise in den Studien von Schoonderwaldt und Altenmüller (2014) oder Möller, Ballenberger, Ackermann und Zalpour (2018) auch Hypothesen prüfend statistisch ausgewertet. Die Probandenzahlen in explorativen Studien waren in der Regel einstellig und Stichprobengrößen lagen im Bereich von $N < 30$.

Für das Violinspiel existiert bislang nur ein einziges biomechanisches Modell zur Bogenführung im Streichinstrumentalspiel, welches im Sinne eines umfassenden Spielsystems die Regulierung zentraler künstlerischer Parameter – auf der Ebene des Kontakts von Spieler*in und Instrument – definierbaren Funktionen im Zusammenspiel von Biomechanik und Klangphysik zuordnen lässt. Es wurde von August Eichhorn in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelt (zur Rekonstruktion des Modells s. Hasselbach, 2012, 2019).³ Dieses Modell umfasst jedoch nicht die psychophysischen Aspekte künstlerischen Gestaltungswillens, auch wenn sich auf Grundlage des Modells innovative Anregungen für eine instrumentalpädagogische Förderung des Gestaltungswillens ableiten lassen. Das Modell Eichhorns hat seine Wurzeln in den arbeitsphysiologischen Untersu-

2 Die Auslieferung des DGfMM Magazins, welches den Artikel von Bangert et al. (2017) enthält, erfolgte im Januar 2018, erst nach Abgabe des Skripts für das originale Paper zur Studie beim Journal Arts *BioMechanics* im Dezember 2017, dessen Druck und Auslieferung jedoch erst im Mai 2019 erfolgte. Die Studie von Möller, Ballenberger, Ackermann und Zalpour (2018) erhielt den Alice G. Brandfonbrener Young Investigator Award 2018 der Performing Arts Medicine Association (PAMA).

3 Da August Eichhorn das Modell in seiner historischen Fassung nicht publiziert hat, war es nötig, das Modell zum Zwecke einer empirischen Untersuchungsplanung zu rekonstruieren. Die verwendete Rekonstruktion durch die Autorin ist das Ergebnis einer zehnjährigen Hospitationsarbeit in der Lehrpraxis von Prof. Josef Schwab (HfM „Hanns Eisler“ Berlin), der selbst zehn Jahre lang Schüler Eichhorns war. Weitere prominente Künstler*innen, welche die Eichhorn-Methodik kennen, unter Verwendung des Modells spielen und teilweise entsprechend unterrichten, sind beispielsweise die Schwab-Schüler Michael Sanderling, Jan Vogler, Stephan Forck, Andreas Greger, Wolfgang Lessing sowie die Violinistin Antje Weithaas u.v.m. Die Weitergabe des Wissens und Könnens erfolgt jedoch in der Regel lediglich künstlerisch-praktisch von ‚Meister*in zu Schüler*in‘. Bislang versuchte nur Gerhard Mantel, der zwei Jahre lang bei Eichhorn studiert hatte, Teile des bei Eichhorn Gelernten zu rekonstruieren und zu publizieren. Die hier verwendete Gesamtrekonstruktion des Modells deckt sich nur partiell mit Erklärungsversuchen Mantels zur Hebelmechanik der Bogenführung (vgl. Mantel, 1972/2011).

chungsergebnissen von Steinhausen & Reuter (1903/1928) sowie Trendelenburg (1925/1974) und kann zeitlich wie inhaltlich zu einer bahnbrechenden biomechanischen Studie zum Tastenanschlag bei Pianist*innen von Bernstein und Popova (1929) in Bezug gesetzt werden.

Alternative Beschreibungsversuche zu Bewegungspatterns in der Bogenführung des Streichinstrumentalspiels finden sich in Studien der Dissertationen von Rasamimanana (2008) und Schoonderwaldt (2009). Diese gehen jedoch nicht von einem bestehenden spezifischen biomechanischen Modell aus, sondern versuchen vielmehr anhand allgemeiner theoretischer Prinzipien für die in der explorativen Datenanalyse gefundenen unterscheidbaren Patterns Begrifflichkeiten zu etablieren.

„Masse balancierende Oszillationen“ (MBOs) – im Englischen „mass balancing oscillations“ – in der Bogenführung des Violinspiels können als Hauptkennzeichen des biomechanischen Modells von August Eichhorn betrachtet werden, das auf eine Analyse der weitgehend autodidaktisch entwickelten Spieltechnik des Cellisten Emanuel Feuermann zurückgeht. Als MBOs werden Schwingungen des bogenführenden Arms im Raum begriffen, bei denen die Masse des Arms um ihren Masseschwerpunkt als Drehpunkt oszilliert und einen zweiarmigen kraftleitenden Hebel bildet. Dieser große Hebel⁴ ist wiederum mit weiteren zweiarmigen Hebeln in einem System schwingender Oszillatoren gekoppelt (s. Abb. 1). In diesem System können die Freiheitsgrade der Kopplungen zur Realisierung künstlerischer Ziele verändert werden.

Das biomechanische Modell Eichhorns endet in dieser Rekonstruktion (durch die Autorin) im Schultergelenk. Fachdidaktische Ansätze, wie beispielsweise die Weiterführung von Eichhorns Wirken als Instrumentalpädagoge durch den Eichhorn-Schüler Gerhard Mantel (vgl. Mantel, 1972/2011), haben die Idee der Masse-Balance sinnvollerweise auf den ganzen Körper erweitert, so auch die Fachdidaktiken von Katō Havas (vgl. Havas, 1964/2003) und Paul Rolland (vgl. Rolland, 1960/2010). Wenn vergleichende Bilder wie „Wippe“, „Mobile“ oder die Alltags-handlung „Salzstreuer-Bewegung“ fachdidaktisch verwendet werden, entspricht dies vom Grundprinzip her Masse-Balancen wie sie auch in Eichhorns Modell vorkommen. Das funktionale Zusammenspiel der gekoppelten Oszillatoren ist jedoch bislang in keiner Fachdidaktik (außerhalb der ‚Eichhorn-Methodik‘) vollständig aufgegriffen worden.

Der Begriff „Masse-Balance“ meint bezüglich Eichhorns Modell nicht nur die physikalische Ebene des reinen Gewichtsausgleichs, sondern umfasst ebenfalls

4 Eichhorn bezeichnete in pädagogisch vereinfachender Absicht den Armhebel zusätzlich Handhebel aufgrund der gut sichtbaren Länge von Unterarm und Hand als „Längshebel“, dessen vorrangig im Unterarm wahrnehmbare Hebelarme in sagittaler Ebene schwingen, auch wenn der Oberarm weniger gut sichtbar in frontaler Ebene mitschwingt. In Abgrenzung zum Längshebel bezeichnete er die Schwingung in der Unterarmrollung als „Querhebel“, da dessen Hebelarme in frontaler Ebene schwingen, also ‚quer‘ zur sagittalen Ebene.

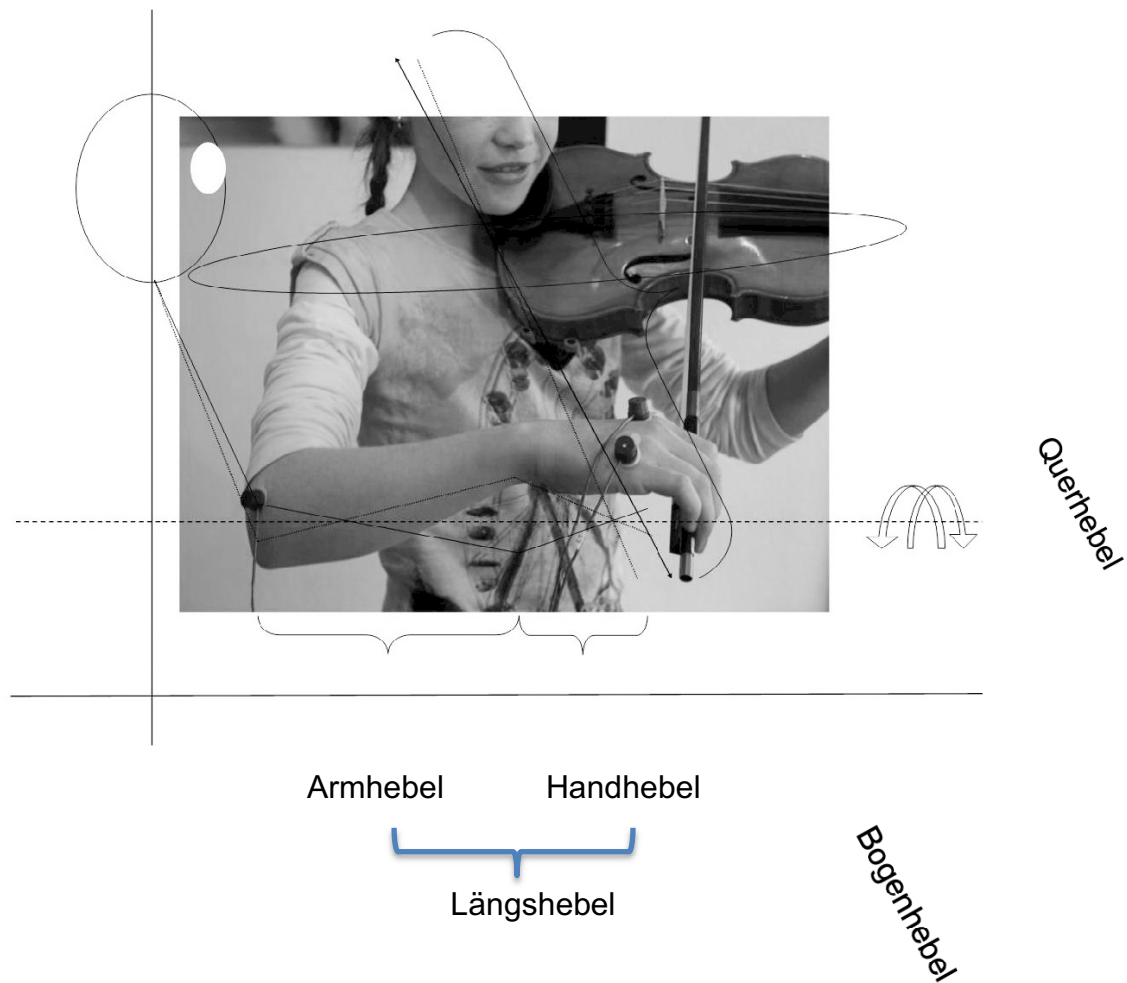


Abbildung 1: Rekonstruktion des biomechanischen Modells von August Eichhorn mit **Armhebel** (Oberarmrotation, Schwingung in Frontal- und Sagittalebene, aufgrund des Ellbogenknicks, um einen Schwingungsknoten im Unterarm), **Handhebel** (komplexe Verbindungs-Schwingung zwischen Armhebel und Querhebel), Unterarm-Hand-**Querhebel** (Unterarmrotation, Schwingung in Frontalebene) und **Bogenhebel** (Schwingung in Frontalebene um den Auflagepunkt des Bogens oder um den fliegenden Masse-schwerpunkt des Bogens). Positionierung der Marker des Zebris CMS 20 Ultraschallmesssystems am bogenführenden Arm: M1 = Ellbogen (Epicondylus lateralis), M2 = Zeigefingerknöchel (MCP2), M3 = Kleinfingerknöchel (MCP5). (Foto der Abbildung erstmals veröffentlicht in Hasselbach, Gruhn & Gollhofer, 2011, S. 5; hier mit erweiterter Beschriftung)

die Ebene des Ausgleichs muskulärer Spannungen durch vorherigen sinnvollen Aufbau von Spannung, wie dies in der Bewegungskunst Tai Chi Chuan genutzt wird oder auf Instrumentalspiel bezogen in der Körperarbeit Dispokinesis⁵. Wird ein Hebel durch einen Muskelkraftimpuls in eine Richtung bewegt, so bewirkt der Antagonist die Rückstellung des Hebels wie durch eine Feder. Sofern

5 Vgl. <https://www.dispokinesis.de/> [31.05.2019].

keine weitere Muskelaktivität die Bewegung hemmt, entsteht dadurch eine Masse-Schwingung, die durch weitere kleine Muskelimpulse in Gang gehalten werden kann. So greifen Gewichtsbalancen und Muskelbalancen ineinander.

Das Ziel der im Folgenden dargestellten Studie war es, das Vorkommen von MBOs in der Bogenführung erwachsener professioneller Violinist*innen zu erfassen und einen möglichen Zusammenhang zu spielbedingten muskuloskelettalen Beschwerden (PRMDs) zu überprüfen. Dabei war nicht von Bedeutung, auf welchem fachmethodischen Wege das Violinspiel erlernt wurde oder welche Körperarbeitstechniken (wie z.B. Feldenkrais, Alexander, Dispokinesis etc.) das Lernen unterstützt hatten. Biografisch ausgeschlossen war lediglich ein explizites Lernen nach Eichhorns Methodik seitens der Probanden. Eine Bogenführung mit einem hohen Prozentsatz an MBOs sollte theoretisch insbesondere bei repetitiven Bewegungen in hohen Tempi mit einer muskulär ökonomischeren Ausführung verbunden sein und somit zu weniger ausgeprägten PRMDs führen.

2. Methodik

Zur digitalisierten Erfassung der Bogenführung im Raum wurde das Zebris CMS 20 Messsystem verwendet, bei dem lediglich drei Ultraschallmarker zur Verfügung stehen. Dies erforderte eine äußerst gezielte, theoretisch fundierte Messung essentieller Bewegungsdaten. Von großem Vorteil war, dass der Einsatz unabhängig von einem Labor an verschiedenen Orten erfolgen konnte.

Der auf Basis des biomechanischen Modells nach Eichhorn entwickelte mathematische Algorithmus zur Operationalisierung von MBOs hatte sich in den Vorstudien bewährt und wurde wieder verwendet. Für jeden Messzeitpunkt (bei 65 Hz Abtastrate) wurden die Markerkoordinaten miteinander abgeglichen und auf ihre Phase hin überprüft. Die Messzeitpunkte mit Gegenphasigkeit von Marker 1 (Ellbogen) zu den Markern 2 und 3 (Hand) wurden summiert und entsprachen dem Anteil an Gegenphasigkeit, i.e. Masse balancierender Schwingung um einen Drehpunkt, im Verhältnis zum Anteil an Gleichphasigkeit, i.e. muskulär parallel geführter Bewegung zu den übrigen Messzeitpunkten. Somit konnte aus den Bewegungskordinaten heraus der Anteil an MBOs prozentual quantifiziert werden und eine intervallskalierte Variable für die deskriptivstatistische und inferenzstatistische Auswertung gewonnen werden. Für das Merkmal wurde Normalverteilung angenommen.

Die musikalische Testaufgabe bestand aus vier Sechzehnteln auf jedem Ton einer zwei Oktaven umfassenden G-Dur-Tonleiter aufwärts und abwärts. Diese klassische Testaufgabe mit repetitiven Bewegungen orientierte sich an den Studien von Shan und Visentin (2003).

Die Stichprobe bestand aus neunzehn (12m/7w) in Berufsorchestern arbeitenden erwachsenen professionellen Violinist*innen im Alter von 23 bis 62 Jahren (Mittelwert 44,4; SD 11,6). Um eine möglichst repräsentative heterogene

Stichprobe zu erhalten, entstammten die Probanden vier unterschiedlichen Orchestern, zwei städtischen Orchestern und zwei international renommierten Orchestern. Darüber hinaus bestand die Stichprobe aus sechs Konzertmeister*innen, vier Stimmführer*innen, sechs Tutti*innen und drei Akademist*innen.

Die Probanden spielten die Testaufgabe nach Präsentation einer Metronomvorgabe bei ca. 60 BPM, 120 BPM, in frei gewähltem noch ‚entspannt‘ realisierbarem höherem Tempo und so schnell wie möglich. Die tempoabhängigen Unterschiede in der Verwendung von MBOs im Sinne von individuellen Bewegungsstrategien wurden qualitativ analysiert, d.h., nach ähnlichen Mustern gruppiert, kategorisiert und mit einer theoriegeleiteten Strategie unter Verwendung von Eichhorns Bewegungsmodell verglichen. Zusätzlich lieferte ein Leitfadeninterview mit Audioaufzeichnung biografische Daten insbesondere zu Vorkommen und Ausprägung spielbedingter muskuloskelettaler Beschwerden (PRMDs). Die Intensität der subjektiven und objektiven Beeinträchtigungen durch eine PRMD wurde weiter ausdifferenzierend auf sechsstufigen numerischen Ratingskalen (NRS-6) erfasst.

3. Ergebnisse

Die Stichprobe der professionellen Violinist*innen ($N=19$) zeigte einen Mittelwert von 61,3% MBOs/HT (min. 43,1%; max. 77,5%; SD 11,372; SEM 2,609)⁶ in hohen Tempi zwischen 143 BPM und 188 BPM (Mittelwert 174 BPM; SD 10,4). Inferenzstatistisch liegt unter Verwendung der t-Verteilung (aufgrund der Stichprobengröße < 30) der wahre Populationsmittelwert professioneller Violinist*innen mit einer 95%-Wahrscheinlichkeit im Konfidenzintervall von [55,8% bis 66,8%].

Die Gruppe PRMD-freier Probanden ($n_1=5$) zeigte einen Mittelwert von 71,3% MBOs/HT (min. 58,3%; max. 77,5%; SD 8,279; SEM 3,703) mit einem 95%-Konfidenzintervall von [63,5% bis 79,1%]. Die Gruppe PRMD-Betroffener ($n_2=14$) zeigte einen Mittelwert von 57,7% MBOs/HT (min. 43,1%; max. 74,9%; SD 10,264; SEM 2,743) mit einem 95%-Konfidenzintervall von [51,9% bis 63,5%]. Die Differenz der Mittelwerte von n_1 und n_2 (13,6% MBOs/HT) liegt in einem 95%-Konfidenzintervall der Populationsmittelwertdifferenz von [5,6% bis 21,6%]. Die aufgrund der unterschiedlichen Gruppengröße gewichtet berechnete Effektstärke Hedges g (gewichteter Cohens d) im Vergleich der Gruppenmittelwerte beträgt $g=1,383$ ($r=0,569$). Die Effektstärke in der Stichprobe liegt in einem 95% Konfidenzintervall der Populationseffektstärke von [0,271 bis 2,495]⁷. Auch die Anwendung des nichtparametrischen Mann-Whitney-U-Tests auf dem Alphaniveau von 0,05

6 Standardabweichung (SD) und geschätzter Standardfehler (SEM)

7 Eine Berechnung mit dem R-Skript Cl2.R von Viola Pausch für eine nonzentrale t-Verteilung (vgl. Pausch, 2018) ergibt ein geringfügig abweichendes Konfidenzintervall von [0,246 bis 2,487].

ergibt eine signifikante Mittelwertdifferenz mit einer Effektstärke von $r=0,531$ ($p=0,019$). Cohens d beträgt hier $d=1,253$ ($\eta^2=0,282$).

Es bestanden weder signifikante Korrelationen zwischen der Ausprägung an MBOs/HT und der Händigkeit (gemäß Edinburgh Handedness Inventory), der Höhe des frei gewählten Tempos, dem Alter, dem Dienstalalter, dem Geschlecht, der durchschnittlichen Instrumentenspielzeit, dem Orchestertyp oder der Position im Orchester, noch zwischen MBOs/HT und der Selbstauskunft über den empfundenen beruflichen Stresslevel, über die generelle Zufriedenheit mit der Karriere, mit der persönlichen Spieltechnik oder mit der Gesundheit im Allgemeinen.

Aber es bestand eine signifikante negative punktbiseriale Korrelation (Pearson, $r_{pb} = -0,542$, $p = 0,016$) zwischen der Ausprägung an MBOs/HT und dem zunächst dichotom getesteten Faktor „Leiden an einer PRMD“ (ja/nein). Diese Korrelation klärte 29,4% (r^2) der Varianz auf der empirischen Stichprobenebene auf und mathematisch geschätzte 24% (ω^2) auf Populationsebene. Für $\lambda = 7,9$ ergibt sich eine Teststärke von $85\% < 1-\beta < 90\%$. Die gefundene Stichprobenkorrelation stammt mit einer 95%-Wahrscheinlichkeit aus einer Populationskorrelation im Konfidenzintervall von $[-0,08 \text{ bis } -0,81]$.

Innerhalb der PRMD-Gruppe bestand darüber hinaus eine signifikante negative Kendall-Tau-b Rangkorrelation von $\tau = -0,499$ ($p=0,018$) zwischen der Ausprägung an MBOs/HT und der „Empfindung von subjektiven Beeinträchtigungen im Violinspiel aufgrund einer PRMD“ auf einer sechsstufigen numerischen Ratingskala (NRS-6). Violinist*innen der Stichprobe mit niedrigen Werten an MBOs/HT empfanden also stärkere Beeinträchtigungen im Violinspiel aufgrund einer PRMD als Violinist*innen mit hohen Werten an MBOs/HT. Unter Einbezug des Rangs 0 für keine PRMD lag die Kendall-Tau-b Rangkorrelation sogar bei $\tau = -0,578$ ($p=0,001$). Es bestand jedoch keine signifikante Korrelation zwischen MBOs/HT und der „Empfindung von objektiven Beeinträchtigungen im Violinspiel aufgrund einer PRMD“.

Die Messungen in verschiedenen Tempi enthüllten individuelle tempoabhängige Bewegungsprofile, die im qualitativen Vergleich zur theoriegeleiteten Strategie in fünf wiederholt gefundene Typen eingeteilt werden konnten (s. Abb. 2).

4. Diskussion

Im Rahmen der Stichprobe waren 14 der 19 Probanden von PRMDs betroffen, die zur Empfindung von subjektiven Beeinträchtigungen im Violinspiel aufgrund der PRMD führten. Dieses Ergebnis spricht für eine gute Stichprobe, da der Anteil PRMD-Betroffener mit 73,7% nah am erwarteten Anteil von 50–70% gemäß bisheriger Prävalenzerfassungen bei wesentlich größeren Stichproben liegt.

Die Studie eröffnet erstmals einen Eindruck von der Komplexität des Vorkommens von Masse balancierenden Oszillationen in der Bogenführung pro-

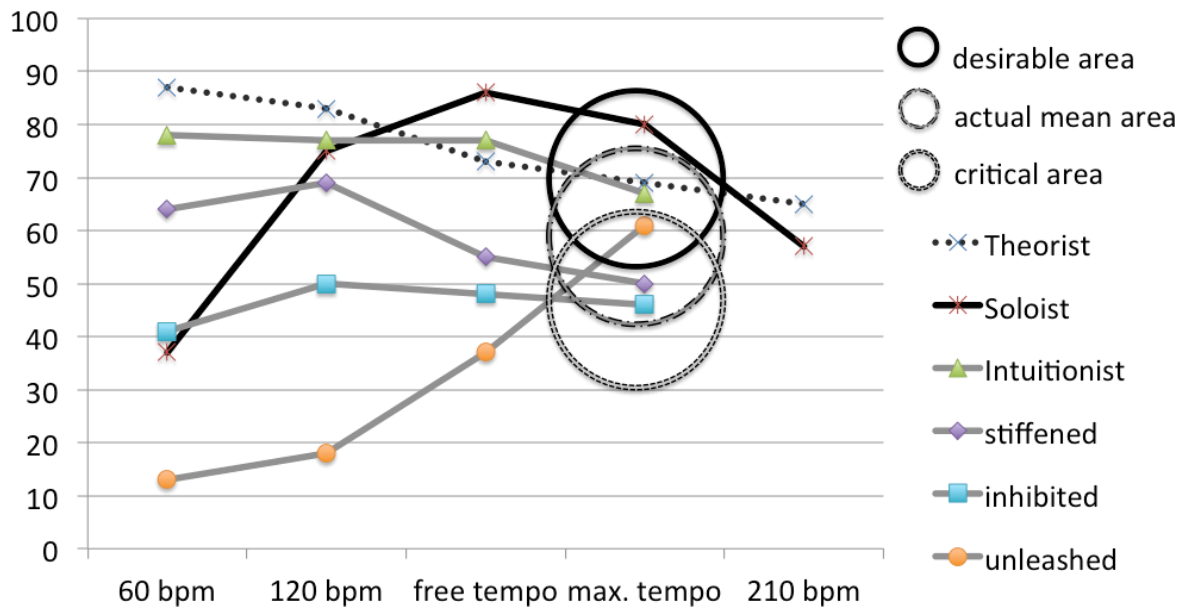


Abbildung 2: MBOs [%] in fünf kategorisierten Typen tempoabhängiger Profile, im Vergleich zum Profil „Theorist“, das von der Autorin nach Erlernen von Eichhorns Bewegungsmodell ‚eingespielt‘ wurde. Das Profil eines jeden Probanden in der Studie konnte einem dieser fünf Typen zugeordnet werden. (Grafik aus: Hasselbach, Gruhn & Gollhofer, 2019)

fessioneller Violinist*innen. Sie zeigt, wie unterschiedlich MBOs in Abhängigkeit vom Tempo repetitiver Bewegungen genutzt werden. Der Prozentsatz an MBOs in hohen Tempi (über 143 BPM) unter höchster Belastung diente hier als Kennwert für die muskuläre Ökonomie bei schnellen repetitiven Bewegungen. Je mehr MBOs/HT genutzt wurden, desto weniger waren die Probanden von PRMDs betroffen und desto weniger stark waren die berichteten Empfindungen von „subjektiver Beeinträchtigung durch eine PRMD“, auch wenn die erlittenen Schmerzen in der Regel nicht dazu führten, dass entsprechende Fehlzeiten im Beruf die Folge waren, was sich in „objektiven Beeinträchtigungen durch eine PRMD“ geäußert hätte. Allerdings ist inferenzstatistisch aufgrund der Weite des 95%-Konfidenzintervalls von $[-0,08 \text{ bis } -0,81]$ für $r_{pb} = -0,542$ ($N=19$) eine Interpretation auf Ebene der Population vage, d.h., die Stärke der Populationskorrelation könnte von sehr klein bis extrem groß sein. Eine Replikationsstudie mit einer Stichprobe von $N>50$ wäre nötig, um das Konfidenzintervall sinnvoll interpretierbar einzugrenzen. Dennoch lassen die Ergebnisse auf Ebene der Stichprobe mit einer Aufklärung von 29,4% der Varianz bezüglich PRMDs aufgrund der Ausprägung an MBOs/HT einen sehr großen Effekt erkennen, der entsprechend gestützt werden könnte.

Der Mittelwert von 61,3% MBOs/HT in der Stichprobe erlaubt aufgrund des engen 95%-Konfidenzintervalls von $[55,8\% \text{ bis } 66,8\%]$ eine gute Schätzung des Populationsmittelwerts. Das 95%-Konfidenzintervall für den Populationsmittelwert PRMD-freier Violinist*innen von $[63,5\% \text{ bis } 79,1\%]$ lässt im Vergleich

zum 95%-Konfidenzintervall für den Populationsmittelwert PRMD-Betroffener von [51,9% bis 63,5%] den Schluss zu, dass als Risiko reduzierender Anteil an MBOs/HT der Bereich über 63,5% bis ca. 80% MBOs/HT empfehlenswert ist. Als Schwellenwert für ein erheblich steigendes Erkrankungsrisiko können ca. 50% MBOs/HT angesehen werden, da die Werte der besonders schwer erkrankten professionellen Violinist*innen zwischen 43,1% und ca. 50% MBOs/HT lagen.

Das schlichte Messverfahren mit nur drei Markern stellt zwar eine Limitation der durchgeführten Studie zur Bogenführung dar, von Vorteil war jedoch die dadurch bedingte äußerst fokussierte Erforschung des Untersuchungsgegenstands. Von Nachteil war, dass nicht alle vier Oszillatoren in Eichhorns Modell erfasst werden konnten. Zukünftige Studien könnten mit Hilfe eines größeren Messsystems das Zusammenspiel der gekoppelten Oszillatoren im Detail erforschen. Das Messverfahren und die Operationalisierung von MBOs erwiesen sich jedoch in der verwendeten Art als sehr praktikabel und könnten in Orchestern oder an Hochschulen zur Diagnostik oder zwecks Unterstützung von Lernprozessen durch Bio-Feedback implementiert werden, ohne ein aufwändiges Labor zu erfordern.

Das diagnostische Potential einer Erfassung des individuellen tempoabhängigen Bewegungsprofils in der Bogenführung kann als sehr hoch eingestuft werden. Die Stärke der Assoziation zwischen MBOs/HT und PRMDs sowie die biomechanische Plausibilität und Spezifität können im Sinne der Bradford-Hill-Kriterien (vgl. Hill, 1965) als Argumente für Kausalität herangezogen werden. Insbesondere die Dosis-Wirkungs-Beziehung als Kriterium wird mit der hoch signifikanten negativen Rangkorrelation zwischen MBOs/HT und der Ausprägung an subjektiven Beeinträchtigungen durch PRMDs im Rahmen der Stichprobe deutlich.

Allerdings fehlt aufgrund der zeitlich punktuellen Erfassung im Querschnitt ein Nachweis für die zeitliche Abfolge des Auftretens einer PRMD im Verhältnis zur Nutzung von MBOs/HT. Neben der Konsistenz im Sinne von Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wären deshalb insbesondere experimentelle Belege und Längsschnittstudien einzufordern, um die stützenden Kriterien um die Zeitbedingtheit einer Kausalität erweitern zu können. Dies wäre – nach einem differential-diagnostischen Gespräch an einem musikermedizinischen Institut – denkbar durch eine ‚Behandlung‘ PRMD-Betroffener mit MBO-Training. Für Musikermediziner*innen hingegen erscheint beachtenswert, dass eine biomechanisch zu erklärende Ursache nicht medikamentös, noch operativ oder physiotherapeutisch zu beheben ist. Ein Verändern automatisierter Bewegungsstrategien, die über den musikalischen Gestaltungswillen gesteuert werden, erfordert langwierige Prozesse des Umlernens unter Anleitung von speziell ausgebildeten Künstlerpädagog*innen.

Die Relevanz der Ergebnisse dieser Studie wird durch die Ergebnisse der Studien von Bangert et al. (2017) und Möller, Ballenberger, Ackermann und Zalpour (2018) stark gestützt. Bangert et al. (2017) gelang es für den repetitiven Snare-Hit

mit einem Drumstick empirisch nicht nur einen signifikanten Zusammenhang der Verwendung gegenphasiger Oszillationen in hohen Tempi zum Expertise-stand von Schlagzeuger*innen zu belegen, sondern auch zu deren Spielpräzision.⁸ Die Timingabweichungen der rechten Hand waren unter Verwendung gegenphasiger Oszillationen signifikant reduziert sowie das Ungleichmäßigkeitsmaß der Lautstärke in beiden Händen. Die Tempoabhängigkeit der verwendeten Bewegungsstrategie wurde auch hier sehr deutlich. Ein großer Anteil der Expert*innen wechselte in höchsten Tempi in eine gegenphasige Bewegungsstrategie, während nur wenige bereits in mittlerem Tempo wechselten.

Möller, Ballenberger, Ackermann und Zalpour (2018) konnten in ihrer Studie zu Muskelermüdungserscheinungen im Violinspiel belegen, dass PRMD-Betroffene signifikant stärkere Ermüdung in den Muskeln auf der Seite des bogenführenden Arms zeigten als PRMD-freie Probanden, nicht jedoch im greifenden Arm. Dies spricht für eine hohe Wahrscheinlichkeit einer stärker ausgeprägten Verwendung gleichphasiger Bewegungen in der Bogenführung bei PRMD-Betroffenen, da diese muskulär aufwändiger sind und somit zu stärkerer Ermüdung führen – insofern entsprechen sich die Ergebnisse.

Es besteht aus theoretischer Sicht und gestützt durch die Ergebnisse von Bangert et al. (2017) weiterhin die Vermutung, dass das Ausmaß, in welchem MBOs in der Bogenführung genutzt werden und auch in welchen Tempi sie genutzt werden, ein grundlegender stimulierender Faktor für die künstlerische Entwicklung sein kann. Nichtsdestotrotz spielten im Rahmen der Studie Violinist*innen mit einem sehr hohen Anteil an MBOs/HT auf allen erdenklichen Orchesterpositionen, ohne überzufällige Zusammenhänge zur erreichten Position oder zum Renommee des Orchesters zu zeigen. Es gibt sicherlich entscheidendere Faktoren für eine künstlerisch erfolgreiche Karriere, insbesondere psychologische Faktoren in den Prozessen der Entwicklung und der ‚Vermarktung‘ der persönlichen künstlerischen Fähigkeiten bis hin zu umfassenden Marketingkonzepten größerer Ensembles.

5. Ausblick

Durch die qualitative Analyse der Bewegungsprofile hat sich das in den Messungen gespielte Tempo als einflussreiche modulierende Variable erwiesen, jedoch nur mit einem intrapersonellen prognostischen Potential. Um dennoch einen generalisierbaren interpersonell vergleichbaren Kennwert zu erhalten, könnte bei genauerer Erfassung der Profilkurve die mit der Bewegungsstrategie erzielte Fläche unter der Profilkurve berechnet werden. Denn auch die Größe dieser

8 Dazu diene eine virtuelle Berechnung des Anschlagszeitpunkts eines Drumsticks auf der Membran aufgrund der konstanten Länge des Sticks, was in der Bogenführung durch die wandernde Kontaktstelle erschwert wird.

Fläche sollte wie der Prozentsatz an MBOs/HT einen entsprechend nachweisbaren linearen Zusammenhang mit PRMDs haben. Mit den in der Studie erfassten Daten ist nur eine prospektive Schätzung sinnvoll, die jedoch hier angedeutet sein soll:

Die Profile „Soloist“⁹ (verbreitet unter Solist*innen, mit einem Wechsel der Bewegungsstrategie hin zu MBOs bereits in mittleren Tempi und extremen Höchstwerten an MBOs), „Intuitionist“ (intuitiv erworbene Bewegungsstrategie mit hoch ausgeprägter Verwendung von MBOs schon in langsamen Tempi) und „Theorist“ (theoriegeleitet erworbene Bewegungsstrategie mit hoch ausgeprägter Verwendung von MBOs schon in langsamen Tempi) bilden vergleichbar große Flächen und wären hinsichtlich ihres Profilkennwerts auf den oberen Rängen zu finden, während die Profile „unleashed“ (erst in hohen Tempi ‚entfesselte‘ Verwendung von MBOs), „stiffened“ (mit steigendem Tempo sich verfestigende Gelenke und somit geringere Verwendung von MBOs) und „inhibited“ (grundsätzlich gehemmt in der Verwendung von MBOs) die unteren Ränge bilden würden.

Letztlich können alle gefundenen Bewegungsprofile als Varianten im Spannungsfeld zwischen den Polen „muskuläre Kontrolle“ und „oszillatorische Ökonomie“ betrachtet werden. Dadurch ergibt sich eine Einteilung der Typen in zwei grundsätzliche Klassen von Bewegungsstrategien, die entsprechend als 1. „Primat der oszillatorischen Ökonomie“ und 2. „Primat der muskulären Kontrolle“ bezeichnet werden können: Die erste Bewegungsstrategie verfolgen der Typ „Theorist“ und der Typ „Intuitionist“, indem sie von Anfang an auch in langsamen Tempi höchste oszillatorische Ökonomie realisieren und nur mit steigendem Tempo kontinuierlich etwas in der Perfektion nachlassen. Sie unterscheiden sich lediglich hinsichtlich ihrer Lernbiografie, d.h. Aneignung der Strategie mit Kenntnis von Eichhorns Modell oder ohne. Der Typ „stiffened“ kann als Unterform dieser Klasse betrachtet werden, bei dem die hohe oszillatorische Ökonomie ab einem bestimmten Tempo deutlich einbricht aufgrund eines ‚Festwerdens‘ in der Muskulatur der Gelenke, verursacht durch oder einhergehend mit Oszillatorblockaden.

Die zweite Bewegungsstrategie verwendet der Typ „Soloist“, der in langsamen Tempi mit hoher muskulärer Kontrolle startet, aber sehr flexibel ist und bereits in mittleren Tempi leicht zu höchster oszillatorischer Ökonomie wechselt. Der Typ „unleashed“ kann als Unterform dieser Klasse betrachtet werden, der aber wesentlich länger als der „Soloist“ bis in den unteren Bereich hoher Tempi hinein bei höchster muskulärer Kontrolle verharret, bevor er plötzlich auch zu hoher oszillatorischer Ökonomie wechselt. Der Typ „inhibited“ als Unterform dieser

9 Zur besseren Vergleichbarkeit mit dem Originalpaper zur Studie (Hasselbach et al., 2019) wurden die Profilbezeichnungen gemäß Abbildung 2 in englischer Sprache beibehalten. Die Kategorie „Soloist“ wurde zusätzlich durch eine vergleichende Messung von Solist*innen ‚gesättigt‘.

Klasse erscheint am wenigsten vorteilhaft, denn ausgehend von hoher muskulärer Kontrolle gelingt das Umschalten in oszillatorische Ökonomie auch in höchsten Tempi nicht.

Als in jeder Klasse jeweils ungünstigste Unterform fallen also die Typen „stiffened“ und „inhibited“ auf. Eine grafische Betrachtung der Verteilung von Beeinträchtigungen durch PRMDs auf die verschiedenen Typgruppen (s. Abb. 3) verdeutlicht dies. Eine Untersuchung größerer Probandenzahlen bezüglich dieser Effekte erscheint also lohnenswert, auch wenn hier im Grunde nur die signifikante Korrelation zwischen MBOs/HT und der Intensität der Beeinträchtigung durch PRMDs von einer anderen Seite der Betrachtung her widergespiegelt wird. Ob Violinist*innen mehr Kontrolle oder mehr Ökonomie wählen, scheint – aufgrund der Einflüsse von Veranlagung, Persönlichkeit und Lernbiografie – primär eine Frage des Profiltyps und erst sekundär eine Frage des Tempos zu sein.

Der Typ „Theorist“ erscheint in der folgenden Abbildung 3 nicht, da er in der Stichprobe der Studie ausgeschlossen war. Die Untersuchung einer solchen „Theorist“-Gruppe wäre jedoch sehr spannend und sollte theoretisch strukturell in etwa deckungsgleich sein mit den Ergebnissen der „Intuitionist“-Gruppe und diese bestenfalls in der Performance noch übertreffen.

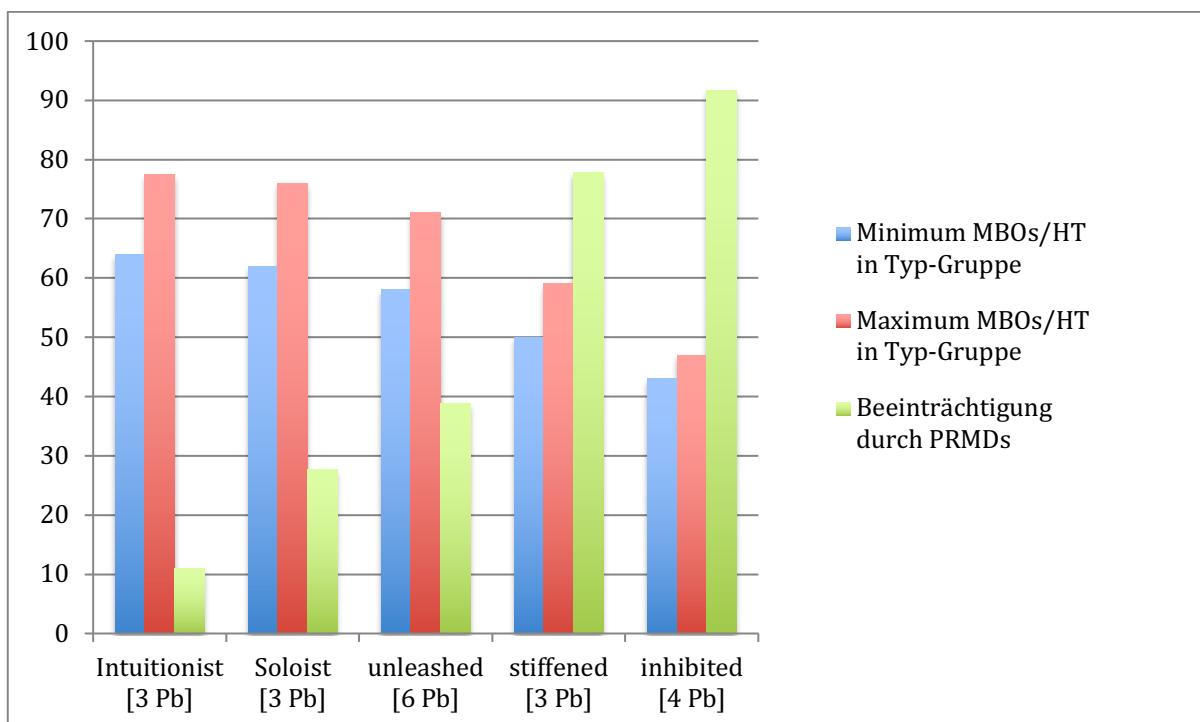


Abbildung 3: Minima und Maxima an MBOs/HT innerhalb der jeweiligen Typgruppe im Vergleich zur Ausprägung der Beeinträchtigung durch PRMDs innerhalb der Typgruppe (Punkte auf einer NRS-6 zuzüglich 0 = keine PRMD, Mittelwert der Skalenpunkte in Prozent). Unter den Typbezeichnungen ist die Anzahl der zugehörigen Probanden [n Pb] im Rahmen der Studie angegeben.

6. Fazit

Die Studie liefert Hinweise darauf, dass die Verwendung eines hohen Anteils an MBOs/HT in der Bogenführung des Violinspiels ein Risiko reduzierender Faktor bezüglich PRMDs ist. Dafür sprechen die sehr starken Effektstärken im Vergleich der Stichprobengruppen mit und ohne PRMD. Ein Kausalzusammenhang wird insbesondere durch die negativ signifikante Dosis-Wirkungsbeziehung zwischen MBOs/HT und der Ausprägung subjektiver Beeinträchtigungen durch eine PRMD gestützt.

Eine Kenntnis des eigenen Bewegungsprofils mag für professionelle Violinist*innen interessant sein, um ihr darin liegendes Erkrankungsrisiko einschätzen zu können und ggf. zu Veränderung zu motivieren. Zumindest die Fähigkeit zu einem strategischen Wechsel von gleichphasiger Bewegung zu gegenphasiger Masse balancierender Oszillation mit steigenden Tempi erscheint empfehlenswert, auch wenn in langsamen Tempi beide Bewegungsmuster gleichermaßen verbreitet sind.

Für Lehrkräfte ist besonders interessant, dass das Vorkommen von MBOs nicht nur vom Expertisestand abhängt. Einerseits kann ein Kind, das zum ersten Mal eine Geige in die Hand nimmt, in ausgeprägter Form MBOs zeigen. Andererseits können manche professionelle Violinist*innen noch bis in hohe Tempi hinein MBOs mit kontrollierender Mühe unterdrücken. Die eigene Lernbiografie und das entwickelte Bewegungsprofil zu reflektieren, birgt die Chance, insbesondere Kinder ggf. in ihren vorhandenen Fähigkeiten zur ökonomischen Bewegungssteuerung zu bestärken anstatt ein tradiertes Bewegungsbild weiter zu vermitteln, das u. U. risikobehaftet und weniger ökonomisch ist.

Aus bewegungswissenschaftlicher Sicht erscheint es von Vorteil, wenn die genutzte Bewegungsstrategie in langsameren Tempi bereits die topologischen Qualitäten aufweist, wie sie das schnelle Spiel später erfordert. Insofern erscheint es auch instrumentalpädagogisch sinnvoll, das langsame Üben und Lernen bereits so anzuleiten, dass es einer Zeitlupe des späteren schnellen Spiels entspricht und nicht das diametral Entgegengesetzte darstellt. Dies würde in Bezug auf die Bogenführung im Streichinstrumentalspiel das schon von Bernstein und Popova (1929) in ihrer Studie zum Tastenanschlag von Pianist*innen problematisierte Phänomen unterschiedlicher Bewegungsstrategien in Abhängigkeit vom gespielten Tempo auflösen. Das von Eichhorn beschriebene Spielsystem nutzen zu können, setzt allerdings voraus, dass die klangphysikalischen und biomechanischen wie musikalischen Zusammenhänge als Wissen implizit (Typ „Intuitionist“) oder explizit (Typ „Theorist“) verfügbar sind und somit die dem Modell innewohnenden Möglichkeiten ihr Potenzial im Kontext des Musizierens entfalten können.

Literatur

- Bangert, M., Junk, F., Benckert, J. & Jabusch, H.-C. (2017). Optimierte Bewegungsstrategien beim Schlagzeugspiel im Hochtempobereich. *Organ der Deutschen Gesellschaft für Musikphysiologie und Musikermmedizin*, 24(3), 145–158.
- Bernstein, N. A. & Popova, T. (1929). Untersuchung über die Biodynamik des Klavieranschlags. *Arbeitsphysiologie; internationale Zeitschrift für angewandte Physiologie*, 1, 396–432.
- Bongaardt, R. (2001). How Bernstein conquered movement. Revisiting the work of Nikolai Aleksandrovitsch Bernstein. In M. L. Latash & V. M. Zatsiorsky (Hrsg.), *Classics in Movement Science* (S. 59–84). USA: Human Kinetics.
- Gasenzer, E., Klumpp, M.-J., Lux, E. A. & Neugebauer, E. A. M. (2017). Leiden im Orchestergraben. Chronische Schmerzen durch Überlastung oder falsche Technik. *MMW Fortschritte der Medizin*, 159(21–22), 51–54.
- Hasselbach, J. v. (2009). 100 Jahre Physiologic Turn in der Streichinstrumentalpädagogik. Eine Bestandsaufnahme. In N. Schläbitz (Hrsg.), *Interdisziplinarität als Herausforderung musikpädagogischer Forschung* (S. 239–262). Essen: Die Blaue Eule.
- Hasselbach, J. v. (2012). For ‘lively’ and ‘intensely related’ tones in bowed string instrumental performance. A response to Peter Röbbke’s introduction to *Das Musizieren und die Gefühle*. *Arts BioMechanics*, 1(2), 115–130.
- Hasselbach, J. v. (2019). Stressing “unstressed”: Relaxed emphasis and lightness in the flow of movement – understanding meter via physical assistance and supported metrical sound experience in bowed string instrumental performance. *Arts BioMechanics*, 2(2), 193–209.
- Hasselbach, J. v., Gruhn, W. & Gollhofer, A. (2010). Mass balancing oscillations. An indication of expertise in the bowing of violinists. A quantitative micromotion study. In S. M. Demorest, S. J. Morrison & P. S. Campbell (Hrsg.), *Proceedings of the 11th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC 11)* (S. 388–393). Seattle: University of Washington.
- Hasselbach, J. v., Gruhn, W. & Gollhofer, A. (2011). Effects of training on mass balancing oscillations in the bowing of (pre) teen violin students. A quantitative micromotion study. *Arts BioMechanics*, 1(1), 1–14.
- Hasselbach, J. v., Gruhn, W. & Gollhofer, A. (2019). Mass balancing oscillations in the bowing of adult professional orchestra violinists: prevalence, tempo-related profiles and their relation to occupational health. *Arts BioMechanics*, 2(2), 177–191.
- Havas, K. (1964/2003). *The twelve lesson course in a new approach to violin playing. With exercises relating to the fundamental balances* (10. Auflage 2003). London: Bosworth.
- Hill, A. B. (1965). The environment and disease: association or causation? *Proceedings of the Royal Society of Medicine, Section of Occupational Medicine*, 58, 295–300.
- Mantel, G. (1972/2011). *Cellotechnik. Bewegungsprinzipien und Bewegungsformen* (Überarb. Neuaufl. 2011). Mainz: Schott.
- Möller, D., Ballenberger, N., Ackermann, B. & Zalpour, C. (2018). Potential relevance of altered muscle activity and fatigue in the development of performance-related musculoskeletal injuries in high string musicians. *Medical Problems of Performing Artists*, 33(3), 147–155.
- Möller, D., Ballenberger, N. & Zalpour, C. (2018). The German version of the musculoskeletal pain intensity and interference questionnaire for musicians (MPIQM-G): Trans-

- lation and validation in professional orchestral musicians. *Musculoskeletal science & practice*, 37, 1–7.
- Pausch, V. (2018): Die Berechnung des Konfidenzintervalls für die Effektgröße Cohen's d. *Jahrbuch Musikpsychologie*, 28, e29.
- Rasamimanana, N. (2008). *Geste instrumentale du violoniste en situation de jeu: analyse et modélisation. Traitement du signal et de l'image*. Paris VI: Université Pierre et Marie Curie.
- Rolland, P. (1960/2010). Basic principles of violin playing: a report prepared for the MENC Committee on String Instruction in the Schools (Nachdruck 2010). ASTA / DIST – CONSIGNED.
- Schoonderwaldt, E. (2009). *Mechanics and acoustics of violin bowing. Freedom, constraints and control in performance*. Stockholm: KTH.
- Schoonderwaldt, E. & Altenmüller, E. (2014). Coordination in fast repetitive violin-bow-ing patterns. *PLoS ONE*, 9(9), e106615.
- Shan, G. & Visentin, P. (2003). A quantitative three-dimensional analysis of arm kinemat-ics in violin performance. *Medical Problems of Performing Artists*, 18, 3–10.
- Shan, G., Visentin, P., Nusseck, M. & Spahn, C. (2018). Investigating Aspects of Movement in Violin Performance. In B. Müller & S. Wolf (Hrsg.), *Handbook of Human Motion* (S. 1803–1820). Springer/Cham.
- Shan, G., Visentin, P. & Schultz, A. (2004). Multidimensional signal analysis as a means of better understanding factors associated with repetitive use in violin performance. *Medical Problems of Performing Artists*, 19, 129–139.
- Steinhausen, F. A. & Reuter, F. v. (1903/1928). *Die Physiologie der Bogenführung auf den Streich-Instrumenten* (5. Ausgabe 1928). Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- Turner-Stokes, L. & Reid, K. (1999). Three-dimensional motion analysis of upper limb movement in the bowing arm of string-playing musicians. *Clinical Biomechanics*, 14(6), 426–433.
- Trendelenburg, W. (1925/1974). *Die natürlichen Grundlagen der Kunst des Streichinstru-mentspiels* (unveränderter photomechanischer Nachdruck 1974). Kassel: Hamecher.
- Visentin, P. & Shan, G. (2003). The kinetic characteristics of the bow arm during violin performance. *Medical Problems of Performing Artists*, 18, 91–97.
- Zaza, C., Charles, C. & Muszynski, A. (1998). The meaning of playing-related musculoskel-et al disorders to classical musicians. *Social Science & Medicine*, 47(12), 2013–23.

Julia von Hasselbach
 Dresdener Straße 4
 27798 Hude
 E-Mail: Julia@von-Hasselbach.de